

# Analisis Rasio Luas Kolam Tampung Terhadap Luas Daerah Terbangun dalam Upaya Pengendalian Banjir di Wilayah Drainase Selatan Kota Balikpapan

## Ratio Analysis of Storage Pond Area to the Built Area as Flood Control Effort in Balikpapan Southern Drainage Area

Rossana Margaret Kadar Yanti<sup>1,a)</sup> & Besse Nadia Irawan<sup>2,b)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan (ITK), Balikpapan.

<sup>2)</sup>Mahasiswa Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan (ITK), Balikpapan.

Koresponden : <sup>a)</sup>rossa.margareth@lecturer.itk.ac.id & <sup>b)</sup>07161014@student.itk.ac.id

### ABSTRAK

Kota Balikpapan mengalami peningkatan penduduk selaras dengan permintaan akan tempat tinggal, hal ini menyebabkan peningkatan debit limpasan pada saluran drainase kota akibat perubahan tutupan lahan. Implementasi prinsip *Zero Delta Q Policy* sesuai peraturan pemerintah No.26 Tahun 2008 kemudian dilakukan agar dapat mereduksi besaran debit limpasan dari perumahan menuju saluran drainase kota, dalam mencegah peningkatan debit limpasan dan banjir. Prinsip ini dicek penerapannya pada perumahan Jamrud Residence, Neo Batakan Permai, dan GBR 6 di wilayah drainase selatan. Metode yang dilakukan yaitu analisis curah hujan maksimum, debit limpasan saat kondisi kawasan belum terbangun ( $Q_{awal}$ ) dan kawasan terbangun ( $Q_{terbangun}$ ), delta Q (selisih antara  $Q_{awal}$  dengan  $Q_{terbangun}$ ), hidrograf kolam tampung, rasio luasan kolam tampung terhadap kawasan terbangun, dan persamaan regresi linier.  $Q_{awal}$  pada perumahan Jamrud Residence, Neo Batakan Permai, dan GBR 6 sebesar 0,3485 m<sup>3</sup>/detik, 4,4017 m<sup>3</sup>/detik, dan 0,4077 m<sup>3</sup>/detik.  $Q_{terbangun}$  pada perumahan Jamrud Residence, Neo Batakan Permai, dan GBR 6 adalah berturut-turut sebesar 1,0043 m<sup>3</sup>/detik, 15,0329 m<sup>3</sup>/detik, dan 0,9166 m<sup>3</sup>/detik. Rasio luasan kolam tampung pada perumahan Jamrud Residence, Neo Batakan Permai, dan GBR 6 adalah masing-masing berurutan sebesar 8,267%, 9,891%, dan 10,256%. Model regresi linier luas kolam tampung terhadap luas kawasan adalah  $Y = 0,145 X_1 - 332,28$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,999  $\approx$  1.

**Kata Kunci :** debit limpasan, kolam tampungan, *zero delta q policy*, manajemen infrastruktur, perencanaan

### PENDAHULUAN

Kota Balikpapan mengalami penambahan penduduk setiap tahunnya, berdasarkan data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2019) pada tahun 2018 tercatat jumlah penduduk kota Balikpapan yaitu sebanyak 645,272 ribu jiwa. Peningkatan jumlah penduduk yang begitu pesat ini berbanding lurus dengan peningkatan permintaan akan tempat tinggal. Beberapa contoh perumahan yang sedang dalam tahap pembangunan antara lain seperti perumahan Jamrud Residence (Rahayu, 2017; Jaya, 2019), Neo Batakan Permai, dan GBR 6 (Nusantara, 2020) yang berada di wilayah drainase selatan. Pembangunan perumahan-perumahan ini dilakukan di lahan terbuka yang kemudian beralih menjadi suatu kawasan perumahan. Peralihan fungsi tersebut mempengaruhi proses infiltrasi air hujan kedalam tanah akibat berubahnya tutupan lahan dan menyebabkan meningkatnya angka koefisien pengaliran.

Proses peningkatan koefisien pengaliran ini menyebabkan peningkatan debit limpasan. Peningkatan debit limpasan pada saluran drainase kota dapat menyebabkan terjadinya peningkatan elevasi muka air sebagai salah satu faktor terjadinya luapan.

Kawasan perumahan beserta seluruh infrastruktur pendukung yang ada di dalamnya perlu dipandang sebagai aset yang harus sesuai dengan prinsip tetap dapat terjaga kelangsungannya agar dapat memberi manfaat secara luas (Suprayitno & Soemitro, 2018). Dalam tinjauan pengembangan perumahan di Kota Balikpapan, pengelolaan terhadap aset tersebut berpegang pada konsep perencanaan dan perancangan, salah satunya adalah bebas banjir dan genangan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi peningkatan debit limpasan dari perumahan salah satunya dengan melakukan suatu kajian dengan menerapkan prinsip *Zero Delta Q Policy*. Prinsip *Zero Delta Q Policy* merupakan istilah dalam Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, dalam Ayat 1 Pasal 106 (c) yang menyebutkan “penerapan prinsip *Zero Delta Q policy* terhadap setiap kegiatan budidaya terbangun yang diajukan izinnya”. Prinsip ini bertujuan untuk mereduksi besaran debit limpasan yang masuk ke dalam saluran agar tidak meningkatkan beban pada saluran drainase kota. Analisis selisih debit limpasan yang disebut *Zero Delta Q Policy* ini perlu dilakukan sebagai dasar dalam menentukan besar debit yang akan disalurkan ke saluran *outlet* sesuai kondisi kawasan saat belum terbangun. Untuk menampung selisih debit akibat pembangunan, maka dapat direncanakan kolam tampung sebagai salah satu upaya untuk mengontrol debit yang keluar dari kawasan (Maulana, Suprayitno, & Soemitro, 2019). Implementasi prinsip *Zero Delta Q Policy* dilakukan dengan analisis curah hujan maksimum pada data hujan 15 tahun, debit limpasan saat kondisi kawasan belum terbangun ( $Q_{awal}$ ) dan kawasan terbangun ( $Q_{terbangun}$ ), analisis Delta Q (selisih  $Q_{awal}$  dengan  $Q_{terbangun}$ ), hidrograf kolam tampung berupa kolam detensi dan analisis rasio luasan kolam tampung terhadap kawasan terbangun serta pemodelan persamaan regresi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan debit limpasan pada kawasan yang mengalami alih fungsi lahan dari lahan resapan menjadi perumahan yang semi kedap. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan bagi pemangku kebijakan dalam menentukan batasan izin pengembangan wilayah agar tidak memberikan beban berlebih terutama bagi badan penerima air yang telah ada.

## METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam 4 tahap utama. Tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis ini adalah sebagai berikut:

### 1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mengkaji kondisi yang terjadi di lingkungan masyarakat yaitu debit limpasan pada saat kondisi kawasan belum terbangun ( $Q_{awal}$ ) dan kondisi kawasan telah terbangun ( $Q_{terbangun}$ ), implementasi prinsip *Zero Delta Q Policy* berupa rasio luasan kolam tampung, serta pemodelan persamaan regresi linier luas kolam tampung terhadap luas kawasan.

### 2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi berupa kegiatan perencanaan terdahulu dengan konsep dan tujuan yang sama agar dapat dijadikan pedoman dalam menentukan langkah kerja yang tepat. Studi literatur juga dilakukan dalam penentuan metode pengolahan data, tahap-tahap pengolahan data, dan hasil yang diinginkan

### 3. Pengumpulan Data

- a. Data *site plan* perumahan, digunakan untuk menentukan luasan lahan yang digunakan untuk tiap-tiap perumahan serta tata guna lahan sebagai penentu koefisien pengaliran. Data *site plan* yang digunakan didapatkan melalui PT. Bima Sakti Rahayu untuk perumahan Jamrud Residence, PT. Keysya Maju Jaya untuk perumahan Neo Batakan Permai, dan PT. Kalimantan Pelita Nusantara untuk perumahan GBR 6

- b. Data Hidrologi, berupa data curah hujan maksimum harian selama 15 tahun.
4. Analisis Hidrologi
  - a. Pengumpulan data curah hujan maksimum tahunan
  - b. Menganalisis parameter statistik dengan menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan dan koefisien kurtosis menggunakan persamaan distribusi hujan, analisis kecocokan, analisis curah hujan rencana dan analisis debit banjir.
  - c. Menganalisis terhadap uji kecocokan dengan Metode Chi-kuadrat dan Metode Smirnov-Kolmogorov.
  - d. Menganalisis curah hujan pada periode ulang tertentu dengan Metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal,
  - e. Distribusi Log Pearson Tipe III, Distribusi Gumbel.
  - f. Menganalisis koefisien aliran menganalisis waktu konsentrasi menggunakan Persamaan Kerby dan Kirpich.
  - g. Menganalisis intensitas curah hujan dengan Metode Mononobe.
  - h. Menganalisis banjir rencana dengan Metode Rasional.
  - i. Menganalisis *zero delta Q*.
5. Analisis hidrograf kolam tampung pada masing-masing perumahan.
6. Analisis rasio luasan dan pemodelan persamaan regresi linier

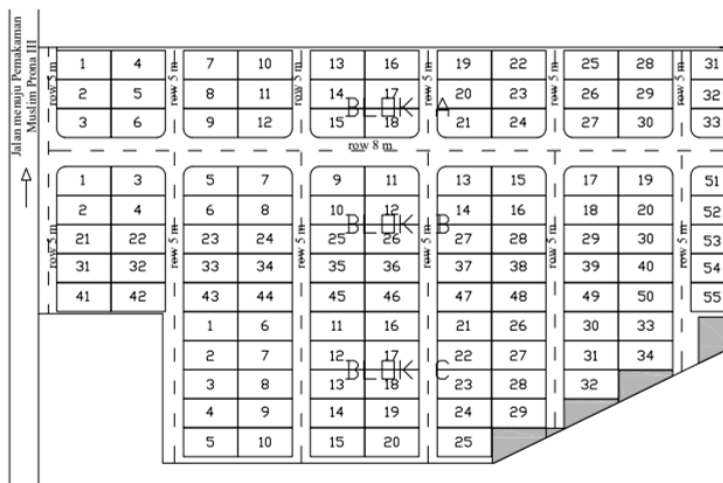
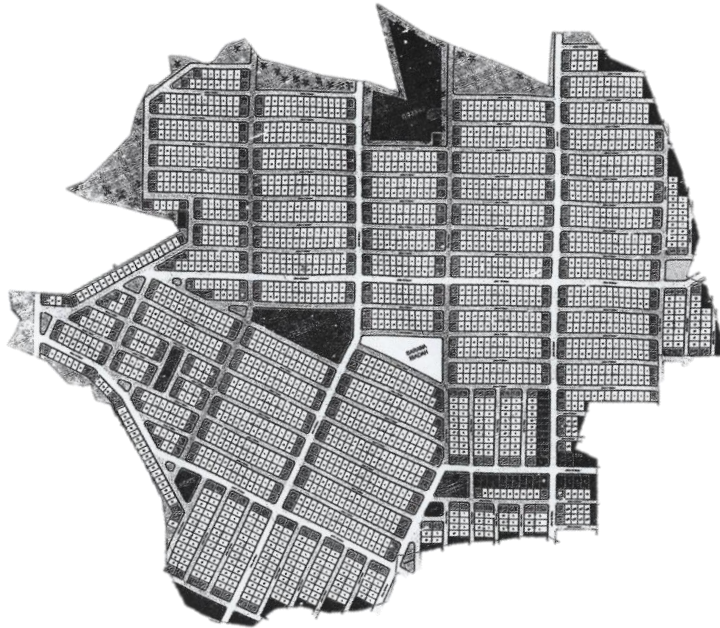
Analisis rasio luasan dilakukan untuk mengetahui rasio perbandingan dari ketersediaan kolam tampungan terhadap luasan kawasan terbangun. Setelah mendapat rasio luasan kolam tampungan, luasan kolam tampungan dari masing-masing rasio tersebut dianalisis dengan pemodelan persamaan regresi linier sederhana.

## ANALISIS PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam analisis terhadap implementasi prinsip *zero delta Q policy* ini dilakukan pada perumahan yang terletak di wilayah drainase selatan yaitu Perumahan Jamrud Residence (Gambar 1), Neo Batakan Permai (Gambar 2), dan GBR 6 (Gambar 3).





**Tabel 1.** Data Curah Hujan Harian Maksimum ( $X_i$ )

No.	Tahun	Tanggal	$X_i$ mm
1	2017	4/6/2017	198,0
2	2019	13/07/2019	165,8
3	2008	20/06/2008	164,8
4	2018	1/7/2018	161,4
5	2007	1/9/2007	154,2
6	2012	26/06/2006	148,0
7	2006	1/7/2009	133,4
8	2009	25/05/2012	132,0
9	2010	21/02/2010	119,7
10	2011	29/06/2011	119,6
11	2015	12/6/2015	108,1
12	2005	21/11/2005	107,5
13	2014	14/03/2014	102,5
14	2013	8/8/2013	94,0
15	2016	4/12/2016	75,6

sumber : BMKG, 2020

Dimana

$X_i$  = Curah hujan harian maksimum

Berdasarkan Tabel 1, data hujan selama 15 tahun telah diurutkan berdasarkan data nilai terbesar hingga nilai terkecil. Perhitungan yang akan dilakukan dengan data tersebut adalah perhitungan parameter statistik sesuai Suripin (2014) dengan persamaan sebagai berikut:

a. Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \dots(1)$$

Dimana

$\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata selama n tahun (mm)

$X_i$  = Curah hujan harian maksimum (mm)

n = Jumlah data hujan

b. Standar Deviasi (*Standard of deviation*)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \dots(2)$$

Dimana

s = Simpangan Baku atau Standar Deviasi (mm)

$\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata selama n tahun (mm)

$X_i$  = Curah hujan harian maksimum (mm)

n = Jumlah data hujan

c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot s^3} \quad \dots(3)$$

Dimana

Cs = Koefisien kemencengan

- $s$  = Standar Deviasi (mm)  
 $\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata selama  $n$  tahun (mm)  
 $X_i$  = Curah hujan harian maksimum (mm)  
 $n$  = Jumlah data hujan

d. Koefisien Ketajaman (*Curtosis*)

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot s^4} \dots (4)$$

Dimana

- $Ck$  = Koefisien kemencengan  
 $s$  = Standar Deviasi (mm)  
 $\bar{X}$  = Tinggi hujan rata-rata selama  $n$  tahun (mm)  
 $X_i$  = Curah hujan harian maksimum (mm)  
 $n$  = Jumlah data hujan

Nilai  $Cs$  dan  $Ck$  kemudian digunakan dalam penentuan jenis distribusi peluang yang akan digunakan dengan diuji terhadap syarat distribusi (Suripin, 2014) yang ditunjukkan oleh Tabel 2 sebagai berikut.

**Tabel 2.** Hasil Uji Statistik

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisis	Keterangan
1	Normal	$Cs \approx 0$		Memenuhi
		$Ck \approx 3$		Memenuhi
2	Log Normal	$Cs = 3$		Tidak Memenuhi
		$Ck = 3 \times Cv$	$Cs = 0,22$	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	$Cs \approx 1,1396$	$Ck = 3,17$	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 5,4002$		Tidak Memenuhi
4	Log Pearson Type III	Flexibel		Memenuhi
				Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2, nilai  $Cs$  dan  $Ck$  yang memenuhi syarat adalah dari Distribusi Normal dan *Log Pearson Type III* sesuai SNI 2415-2016 mengenai “Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana”, sehingga jenis Distribusi Normal dan *Log Pearson Type III* inilah yang kemudian akan digunakan dalam tahap uji kecocokan.

Uji Kecocokan

Pengujian terhadap uji kecocokan dilakukan dalam dua tahap yaitu menggunakan Persamaan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

a. Metode Chi-Kuadrat

Metode ini dilakukan untuk mengetahui distribusi statistik sampel data yang digunakan dalam analisis telah menggunakan persamaan distribusi yang sesuai atau belum. Tes kesesuaian dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots (5)$$

Dimana

- $\chi_h^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung  
 $G$  = Jumlah sub kelompok  
 $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke- $i$   
 $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke- $i$

$$Dk = G - R - 1 \quad \dots(6)$$

Dimana

Dk = Derajat kebebasan

G = Jumlah seluruh subkelompok

R = Nilai untuk metode distribusi normal dan binomial,  $R = 2$

b. Metode Smirnov-Kolmogorov

Metode ini memiliki sebutan lain yakni uji kecocokan non parametrik karena fungsi distribusi tertentu tidak digunakan dalam pengujian. Langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut.

$$d_{\max} = \text{Maksimum } (P(X_n) - P'(X_n)) \quad \dots(7)$$

Dimana

$d_{\max}$  = Selisih terbesar antara peluang pengamatan dan peluang teoritis

$P(X_n)$  = Nilai peluang pengamatan data ke-n

$P'(X_n)$  = Nilai peluang teoritis data ke-n

$d_o$  = Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan (0,3400)

Dari dua tahap uji kecocokan yang telah dilakukan, didapatkan hasil pada Tabel 3 sebagai berikut.

**Tabel 3.** Kesimpulan Uji Kecocokan

Jenis distribusi probabilitas	Chi-Kuadrat				SMIRNOV-KOLMOGROV			
	$\chi_h^2$	<	$X^2$	Ket.	$d_{\max}$	<	$d_o$	Ket.
Normal	1,333	<	5,991	Diterima	0,0855	<	0,3400	Diterima
Log pearson tipe III	1,333	<	5,991	Diterima	0,0611	<	0,3400	Diterima

Dimana :

$\chi_h^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

$X^2$  = Nilai kritis uji Chi-Kuadrat dengan derajat kebebasan = 2 dan  $\alpha = 5\%$  (5,991)

$d_{\max}$  = Selisih terbesar antara peluang pengamatan dan peluang teoritis

$d_o$  = Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan (0,3400)

Berdasarkan Tabel 3, kedua distribusi ini memenuhi persyaratan sehingga dalam tahap perhitungan curah hujan periode ulang, kedua distribusi ini dapat digunakan.

Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Periode ulang yang akan dianalisis dalam perhitungan ini adalah periode ulang 5 tahun karena merupakan kawasan pemukiman dan saluran yang menuju kolam tampung merupakan saluran sekunder. Hasil perhitungan curah hujan periode ulang (Suripin, 2014) adalah sebagai berikut :

a. Curah hujan Distribusi Normal

Data yang dibutuhkan antara lain :

$\bar{X}$ , nilai rata-rata (mm) = 132,307 mm

Periode Ulang (tahun) = 5 Tahun

s, standar deviasi = 32,907

$K_T$ , faktor frekuensi = 0,84

Penyelesaian :

$$X_5 = \bar{X} + K_T \times s \quad \dots(8)$$

$$X_5 = 132,307 + 0,84 \times 32,907$$

$$X_5 = 159,948 \text{ mm}$$

b. Curah hujan Distribusi *Log Pearson III*

Data yang dibutuhkan antara lain:

$\log \bar{X}$ , nilai rata-rata (mm) = 2,108 mm

Periode Ulang (tahun) = 5 Tahun

$\log S_d$ , standar deviasi = 0,111

$K_T$ , faktor frekuensi =  $0,855 + \left( \frac{(-0,33)-(-0,4)}{(-0,2)-(-0,4)} \right) \times (0,850 - 0,855) = 0,853$

Penyelesaian :

$$\log X_5 = \log \bar{X} + K_T \times s \log X \quad \dots(9)$$

$$\log X_5 = 2,108 + 0,853 \times 0,111$$

$$\log X_5 = 2,204 \text{ mm}$$

$$X_5 = 159,857 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan curah hujan dengan menggunakan kedua distribusi tersebut, nilai yang digunakan adalah hasil perhitungan curah hujan dengan Distribusi Normal sebesar 159,948 mm karena merupakan nilai maksimum di antara kedua distribusi yang digunakan.

### Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran memiliki parameter nilai sesuai klasifikasi yang dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah, kemiringan, jenis tanah, lamanya hujan di daerah pengaliran menurut Suripin (2004). Adapun hasil analisis tutupan lahan pada perumahan disajikan pada Tabel 4. sebagai berikut.

**Tabel 4.** Koefisien Pengaliran Tiap Perumahan

Kondisi	Kategori	Perumahan		
		Jamrud Residence	Neo Batakan Permai	GBR 6
Kawasan belum terbangun	lahan hijau (m <sup>2</sup> )	31.450	424.633	19.500
	C	0,4	0,5	0,5
	Bangunan (m <sup>2</sup> )	19.671	264.438	14.384
	C	0,75	0,6	0,6
Kawasan telah terbangun	Jalan (m <sup>2</sup> )	4.526	91.741	4.288
	C	0,95	0,95	0,95
	RTH (m <sup>2</sup> )	7.253	68.454	828
	C	0,25	0,25	0,25

Berdasarkan Tabel 4, angka koefisien pengaliran pada kawasan belum terbangun untuk hutan adalah 0,4 pada perumahan *Jamrud Residence* karena merupakan hutan dengan tipe daerah aliran yang datar dan 0,5 pada perumahan *Neo Batakan Permai* dan *GBR 6* karena merupakan hutan dengan tipe daerah aliran yang bergelombang berdasarkan kondisi tutupan lahan. Koefisien pengaliran pada kawasan telah terbangun untuk bangunan pada perumahan *Jamrud Residence* sebesar 0,75 karena merupakan perumahan multi unit tergabung sedangkan pada perumahan *Neo Batakan Permai* dan *GBR 6* sebesar 0,6 karena merupakan perumahan multi unit terpisah. Pada kondisi dengan tutupan lahan yang beragam, maka dilakukan perhitungan nilai C secara keseluruhan atau C gabungan dengan persamaan (Suripin, 2014) sebagai berikut :



$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots(10)$$

Dimana

C = Koefisien pengaliran lahan

A = Luas lahan (m<sup>2</sup>)

Dengan menggunakan persamaan 10, maka didapatkan hasil perhitungan C<sub>gabungan</sub> yang disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, nilai C<sub>gabungan</sub> pada masing-masing perumahan dipengaruhi oleh tutupan lahan dan luas kawasan.

**Tabel 5.** Nilai C<sub>gabungan</sub> Tiap Perumahan

Perumahan	Luas m <sup>2</sup>	C <sub>gabungan</sub>
Jamrud Residence	31.450	0,6635
Neo Batakan Permai	424.633	0,6192
GBR 6	19.500	0,6621

#### Estimasi Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan estimasi waktu air hujan yang mengalir hingga titik tertentu di hilir saluran. Perhitungan waktu konsentrasi digunakan dalam menentukan intensitas curah hujan, sehingga dilakukan perhitungan berdasarkan kondisi kawasan belum terbangun dengan persamaan Kerby (Ockert & Jeff, 2014) dan kondisi kawasan terbangun dengan Persamaan Kirpich (Suripin, 2004) sebagai berikut.

##### a. Kondisi kawasan belum terbangun

$$t_o = 1,44 \times \left( nd \times \frac{L_s}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \quad \dots(11)$$

Dimana

t<sub>o</sub> = Waktu yang diperlukan air mengalir di atas lahan menuju saluran (menit)

L<sub>s</sub> = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

s = Kemiringan lahan (m/m)

nd = Koefisien hambatan (digunakan 0,2 untuk permukaan sedikit berumput dan 0,8 untuk lahan dengan pohon-pohon berdaun)

##### b. Kondisi kawasan terbangun

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1.000 \times s} \right)^{0,385} \quad \dots(12)$$

Dimana

t<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang saluran utama (km)

s = Kemiringan rata-rata saluran (m/m)

dengan Persamaan Kerby dan Kirpich didapatkan tabel hasil perhitungan waktu konsentrasi pada Tabel 6 sebagai berikut:

**Tabel 6.** Estimasi Waktu Konsentrasi

Perumahan	nd	$t_o$	$t_c$
		jam	jam
Jamrud Residence	0,2	0,415	0,180
Neo Batakan Permai	0,8	0,641	0,140
GBR 6	0,2	0,224	0,100

Berdasarkan Tabel 6, hasil perhitungan waktu konsentrasi yang didapat berupa  $t_o$  untuk kondisi kawasan belum terbangun dan  $t_c$  untuk kondisi kawasan terbangun, nilai-nilai ini kemudian akan digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan.

#### Intensitas Curah Hujan

Perhitungan curah hujan setiap waktu berdasarkan curah hujan harian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Mononobe (Suripin, 2004) sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots(13)$$

Dimana

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

dengan persamaan mononobe didapatkan hasil perhitungan intensitas curah hujan yang disajikan pada Tabel 7. sebagai berikut.

**Tabel 7.** Intensitas Hujan

Perumahan	R24 mm	Kondisi awal		Kondisi terbangun	
		$t_c$	$I$	$t_c$	$I$
		jam	mm/jam	jam	mm/jam
Jamrud Residence	159,9481	0,415	99,661	0,18	173,123
Neo Batakan permai	159,9481	0,641	74,575	0,14	205,663
GBR 6	159,9481	0,224	150,429	0,10	255,368

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat bahwa masing masing perumahan memiliki intensitas hujan yang berbeda-beda. Intensitas hujan yang dihasilkan pada kondisi awal lebih rendah dibandingkan pada kondisi terbangun karena dipengaruhi oleh perbedaan tutupan lahan dan waktu konsentrasi pengaliran ( $t_c$ ) pada tiap-tiap perumahan.

#### Debit Banjir Rencana (Debit Limpasan)

Penentuan laju aliran puncak atau debit banjir menurut Suripin (2004) berpacu pada ketersediaan data dilapangan dan digunakan metode umum yakni metode rasional sebagai berikut :

$$Q = 0,278 C \cdot I \cdot A \quad \dots(14)$$

Dimana

$Q$  = Debit banjir maksimum ( $m^3/dtk$ )

$C$  = Koefisien pengaliran

$I$  = Intensitas hujan selama  $t$  jam (mm/jam)

$A$  = Luas Daerah Aliran Sungai ( $km^2$ )

Persamaan 14 kemudian digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Hasil perhitungan debit banjir rencana pada kawasan belum terbangun disajikan pada Tabel 8 sebagai berikut.

**Tabel 8.** Debit Banjir Rencana Kawasan Belum Terbangun

Perumahan	C awal	I	A	Q awal
		mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /det
Jamrud Residence	0,4	99,661	0,03145	0,3485
Neo Batakan permai	0,5	74,575	0,42463	4,4017
GBR 6	0,5	150,429	0,01950	0,4077

Perhitungan debit banjir rencana juga dilakukan pada kawasan belum terbangun dengan Persamaan 14 pada tiap-tiap perumahan yang disajikan pada Tabel 9 sebagai berikut:

**Tabel 9.** Debit Banjir Rencana Kawasan Telah Terbangun

Perumahan	C awal	I	A	Q awal
		mm/jam	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /det
Jamrud Residence	0,6635	173,123	0,03145	1,0043
Neo Batakan permai	0,6192	205,663	0,42463	15,0329
GBR 6	0,6621	255,368	0,01950	0,9166

Berdasarkan hasil perhitungan, debit yang dihasilkan berbeda pada tiap-tiap perumahan dipengaruhi oleh nilai koefisien pengaliran, intensitas hujan serta luas kawasan. Semakin besar koefisien pengaliran (C) dan intensitas (I) maka berbanding lurus dengan debit yang dihasilkan.

#### Analisis Zero Delta Q

Analisis *Zero delta Q* dilakukan untuk mengetahui selisih debit limpasan yang dihasilkan oleh kawasan perumahan setelah mengalami peralihan tutupan lahan. Persamaan yang digunakan pada analisis ini adalah sebagai berikut.

$$\Delta Q = Q_{\text{terbangun}} - Q_{\text{awal}} \quad \text{.....(15)}$$

Dimana

$\Delta Q$  = Selisih debit limpasan pada  $Q_{\text{terbangun}}$  dan  $Q_{\text{awal}}$  (m<sup>3</sup>/dtk)

$Q_{\text{terbangun}}$  = Debit limpasan pada kondisi terbangun (m<sup>3</sup>/dtk)

$Q_{\text{awal}}$  = Debit limpasan pada kondisi sebelum terbangun (m<sup>3</sup>/dtk)

dengan menggunakan persamaan 15, didapatkan hasil perhitungan pada Tabel 10 sebagai berikut:

**Tabel 10.** *Zero delta Q*

Perumahan	Q awal	Q terbangun	Delta Q
Perumahan	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
Jamrud Residence	0,3485	1,0043	0,6557
Neo Batakan permai	4,4017	15,0329	10,6312
GBR 6	0,4077	0,9166	0,5088

Berdasarkan Tabel 10, selisih yang didapat oleh tiap-tiap perumahan berbeda-beda yang dipengaruhi oleh koefisien aliran, intensitas dan luas kawasan. Besar nilai selisih debit limpasan tersebut merupakan debit maksimum yang akan dialirkan menuju kolam tampung selama durasi hujan tertentu. Besar nilai  $Q_{\text{awal}}$  tersebut merupakan debit maksimum yang dapat dialirkan menuju saluran outlet saat hujan berlangsung agar sesuai dengan prinsip *Zero delta Q*.

### Analisis Hidrograf Kolam Tampung

Analisis hidrograf kolam tampung dilakukan untuk mengetahui volume kumulatif kolam tampung. Perhitungan yang dilakukan dalam membuat unit hidrograf kolam tampung di paparkan dalam Astriawati (2017) sebagai berikut:

$$Q \text{ inflow} = \frac{t_n}{t_c} \times Q \quad \text{.....(16)}$$

$$\text{Vol. inflow} = \frac{1}{2} \times (t_n - t_{(n-1)}) \times (Q_{\text{inflow}_n} + Q_{\text{inflow}_{(n-1)}}) \quad \text{.....(17)}$$

$$\text{Vol. kumulatif} = \text{volume inflow}_n + \text{volume kumulatif}_{(n-1)} \quad \text{.....(18)}$$

$$\text{Kedalaman} = \frac{\text{Vol. kumulatif}}{\text{Luas kolam}} \quad \text{.....(19)}$$

Dimana

$Q \text{ inflow}$  = Debit limpasan yang masuk kedalam kolam tampung ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

$t_n$  = Waktu ke-n pada waktu konsentrasi (jam)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$Q$  = Debit limpasan dari saluran menuju kolam ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

Vol. inflow = Volume debit limpasan yang masuk kedalam kolam tampung ( $\text{m}^3$ )

Vol. kumulatif = Akumulasi vol. inflow data ke-n dan vol. kumulatif data ke-(n-1) ( $\text{m}^3$ )

Kedalaman = Kedalaman kolam tampung (m)

Luas kolam = Luasan kolam tampung rencana ( $\text{m}^2$ )

dalam analisis ini, perhitungan durasi hujan efektif sesuai SNI 03-2453-2002 mengenai “Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan” menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$te = \frac{0,9 \times R^{0,92}}{60} \quad \text{.....(20)}$$

dimana :

$te$  = Durasi hujan efektif (jam)

$R$  = Curah hujan periode ulang (mm).

digunakan persamaan 16 hingga persamaan 20 dalam melakukan perhitungan unit hidrograf kolam tampung pada tiap-tiap perumahan sebagai berikut:

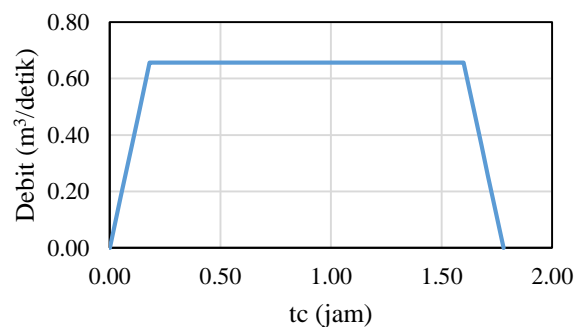
#### a. Perumahan Jamrud *Residence*

Perumahan Jamrud *Residence* memiliki hasil perhitungan hidrograf kolam tampung pada yang disajikan pada Tabel 11 sebagai berikut.

**Tabel 11.** Kolam Tampung Perumahan Jamrud *Residence*

tc	Q inflow	Q inflow	Vol. inflow	Vol. kum	kedalaman
jam	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,050	0,182	655,715	16,393	16,393	0,006
0,070	0,255	918,001	15,737	32,130	0,012
0,100	0,364	1311,430	33,441	65,572	0,025
0,130	0,474	1704,859	45,244	110,816	0,043
0,180	0,656	2360,575	101,636	212,452	0,082
0,280	0,656	2360,575	236,057	448,509	0,173
0,380	0,656	2360,575	236,057	684,567	0,263
0,480	0,656	2360,575	236,057	920,624	0,354
0,580	0,656	2360,575	236,057	1156,682	0,445
0,680	0,656	2360,575	236,057	1392,739	0,536
0,780	0,656	2360,575	236,057	1628,797	0,626
0,880	0,656	2360,575	236,057	1864,854	0,717
0,980	0,656	2360,575	236,057	2100,911	0,808
1,080	0,656	2360,575	236,057	2336,969	0,899
1,180	0,656	2360,575	236,057	2573,026	0,990
1,280	0,656	2360,575	236,057	2809,084	1,080
1,380	0,656	2360,575	236,057	3045,141	1,171
1,480	0,656	2360,575	236,057	3281,199	1,262
1,600	0,656	2360,575	283,269	3564,468	1,371
1,650	0,474	1704,859	101,636	3666,104	1,410
1,680	0,364	1311,430	45,244	3711,348	1,427
1,710	0,255	918,001	33,441	3744,789	1,440
1,730	0,182	655,715	15,737	3760,527	1,446
1,780	0,000	0,000	16,393	3776,919	1,453

berdasarkan Tabel 11, dapat diketahui volume kumulatif dari kolam tampung selama 1,78 jam adalah sebesar 3.776,919 m<sup>3</sup> dengan kedalaman maksimum sebesar 1,453 m, untuk mendapatkan kedalaman kolam sebesar 1,453 m maka luas kolam tampung yang dibutuhkan sebesar 2600 m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 11, bentuk hidrograf kolam tampung yang dihasilkan disajikan pada Gambar 4 sebagai berikut:



**Gambar 4.** Grafik hidrograf kolam tampung Perumahan Jamrud *Residence*

Berdasarkan Gambar 4, grafik hidrograf tersebut menunjukkan kenaikan debit selama 1,78 jam. Debit mengalami kenaikan hingga  $t_c$  sebesar 0,18 jam kemudian bersifat konstan hingga  $t_c$  mencapai 1,6 jam dan kemudian debit menurun karena durasi hujan telah selesai dimana debit yang masuk kedalam kolam tampung semakin kecil. Debit maksimum sebesar  $0,6557 \text{ m}^3/\text{detik}$  merupakan selisih debit limpasan yang dihasilkan oleh perumahan.

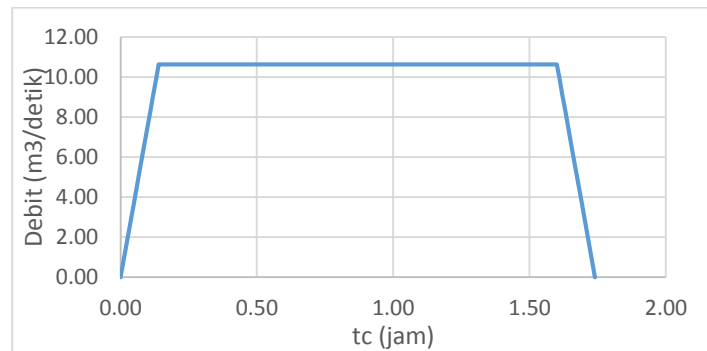
## b. Perumahan Neo Batakan Permai

Perumahan Neo Batakan Permai memiliki hasil perhitungan hidrograf kolam tampung pada yang disajikan pada Tabel 12 sebagai berikut:

**Tabel 12.** Kolam Tampung Perumahan Neo Batakan Permai

tc	Q inflow	Q inflow	Vol. inflow	Vol. kum	kedalaman
jam	$\text{m}^3/\text{det}$	$\text{m}^3/\text{jam}$	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$	m
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,050	3,797	13668,667	341,717	341,717	0,008
0,080	6,075	21869,868	533,078	874,795	0,021
0,110	8,353	30071,068	779,114	1653,909	0,039
0,120	9,112	32804,801	314,379	1968,288	0,047
0,130	9,872	35538,535	341,717	2310,005	0,055
0,140	10,631	38272,268	369,054	2679,059	0,064
0,240	10,631	38272,268	3827,227	6506,286	0,155
0,340	10,631	38272,268	3827,227	10333,512	0,246
0,440	10,631	38272,268	3827,227	14160,739	0,337
0,540	10,631	38272,268	3827,227	17987,966	0,428
0,640	10,631	38272,268	3827,227	21815,193	0,519
0,740	10,631	38272,268	3827,227	25642,420	0,611
0,840	10,631	38272,268	3827,227	29469,647	0,702
0,940	10,631	38272,268	3827,227	33296,874	0,793
1,040	10,631	38272,268	3827,227	37124,100	0,884
1,140	10,631	38272,268	3827,227	40951,327	0,975
1,240	10,631	38272,268	3827,227	44778,554	1,066
1,340	10,631	38272,268	3827,227	48605,781	1,157
1,440	10,631	38272,268	3827,227	52433,008	1,248
1,600	10,631	38272,268	6123,563	58556,571	1,394
1,610	9,872	35538,535	369,054	58925,625	1,403
1,620	9,112	32804,801	341,717	59267,341	1,411
1,630	8,353	30071,068	314,379	59581,721	1,419
1,660	6,075	21869,868	779,114	60360,835	1,437
1,690	3,797	13668,667	533,078	60893,913	1,450
1,740	0,000	0,000	341,717	61235,629	1,458

Berdasarkan Tabel 12, dapat diketahui volume kumulatif dari kolam tampung selama 1,74 jam adalah sebesar  $61.235,629 \text{ m}^3$  dengan kedalaman maksimum sebesar 1,458 m, untuk mendapatkan kedalaman kolam sebesar 1,458 m maka luas kolam tampung yang dibutuhkan sebesar  $42.000 \text{ m}^2$ . Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel Tabel 12, bentuk hidrograf kolam tampung yang dihasilkan disajikan pada Gambar 5 sebagai berikut:



**Gambar 5.** Grafik hidrograf kolam tampung perumahan Neo Batakan Permai

Berdasarkan Gambar 5, grafik hidrograf tersebut menunjukkan kenaikan debit selama 1,74 jam. Debit mengalami kenaikan hingga  $t_c$  sebesar 0,14 jam kemudian bersifat konstan hingga  $t_c$  mencapai 1,6 jam dan kemudian debit menurun karena durasi hujan telah selesai dimana debit yang masuk kedalam kolam tampung semakin kecil. Debit maksimum sebesar  $10,631 \text{ m}^3/\text{detik}$  merupakan selisih debit limpasan yang dihasilkan oleh perumahan.

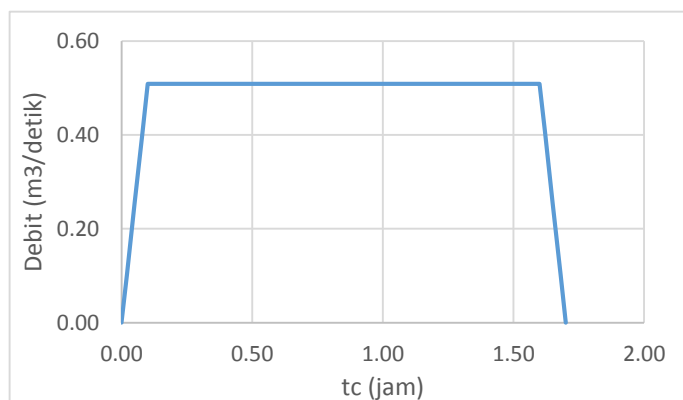
c. Perumahan GBR 6

Perumahan GBR 6 memiliki hasil perhitungan hidrograf kolam tampung pada yang disajikan pada Tabel 13 sebagai berikut:

**Tabel 13.** Kolam Tampung Perumahan GBR 6

$t_c$	Q inflow	Q inflow	Vol. inflow	Vol. kum	kedalaman
jam	$\text{m}^3/\text{det}$	$\text{m}^3/\text{jam}$	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$	m
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,020	0,102	366,369	3,664	3,664	0,002
0,050	0,254	915,921	19,234	22,898	0,011
0,080	0,407	1465,474	35,721	58,619	0,029
0,100	0,509	1831,843	32,973	91,592	0,046
0,200	0,509	1831,843	183,184	274,776	0,137
0,300	0,509	1831,843	183,184	457,961	0,229
0,400	0,509	1831,843	183,184	641,145	0,321
0,500	0,509	1831,843	183,184	824,329	0,412
0,600	0,509	1831,843	183,184	1007,514	0,504
0,700	0,509	1831,843	183,184	1190,698	0,595
0,800	0,509	1831,843	183,184	1373,882	0,687
0,900	0,509	1831,843	183,184	1557,066	0,779
1,000	0,509	1831,843	183,184	1740,251	0,870
1,100	0,509	1831,843	183,184	1923,435	0,962
1,200	0,509	1831,843	183,184	2106,619	1,053
1,300	0,509	1831,843	183,184	2289,804	1,145
1,400	0,509	1831,843	183,184	2472,988	1,236
1,500	0,509	1831,843	183,184	2656,172	1,328
1,600	0,509	1831,843	183,184	2839,356	1,420
1,620	0,407	1465,474	32,973	2872,330	1,436
1,650	0,254	915,921	35,721	2908,050	1,454
1,680	0,102	366,369	19,234	2927,285	1,464
1,700	0,000	0,000	3,664	2930,949	1,465

Berdasarkan Tabel 13, dapat diketahui volume kumulatif dari kolam tampung selama 1,70 jam adalah sebesar 2.930,949 m<sup>3</sup> dengan kedalaman maksimum sebesar 1,465 m, untuk mendapatkan kedalaman kolam sebesar 1,465 m maka luas kolam tampung yang dibutuhkan sebesar 2.000 m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 13, bentuk hidrograf kolam tampung yang dihasilkan disajikan pada Gambar 6 sebagai berikut:



**Gambar 6.** Grafik hidrograf kolam tampung Perumahan GBR 6

Berdasarkan Gambar 6, grafik hidrograf tersebut menunjukkan kenaikan debit selama 1,70 jam. Debit mengalami kenaikan hingga tc sebesar 0,10 jam kemudian bersifat konstan hingga tc mencapai 1,6 jam dan kemudian debit menurun. Debit maksimum sebesar 0,5088 m<sup>3</sup>/detik merupakan selisih debit limpasan yang dihasilkan oleh perumahan. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan, rekapitulasi volume dan kedalaman dari masing-masing perumahan disajikan pada Tabel 14 sebagai berikut:

**Tabel 14.** Rekapitulasi volume dan dimensi Kolam Tampung

Perumahan	Volume Kolam Tampung	Luas kolam	Delta Q	Kedalaman	Kedalaman + Tinggi Jagaan (f)	Kedalaman pakai
	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /det	m	m	m
Jamrud Residence	3.776,92	2.600	0,656	1,45	1,95	2
Neo Batakan Permai	61.235,63	42.000	10,631	1,46	1,96	2
GBR 6	2.930,95	2.000	0,509	1,47	1,97	2

Berdasarkan Tabel 14, ditunjukkan masing-masing perumahan dengan volume kolam tampung yang dibutuhkan oleh perumahan untuk menampung selisih debit limpasan ( $\Delta Q$ ). Nilai kedalaman (h) yang didapatkan kemudian ditambahkan dengan tinggi jagaan (f) sebesar 0,5 m sesuai Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder (Anonim, 2010).

### Analisis Rasio Luasan dan Pemodelan Persamaan Regresi Linier

Luas kolam tampung yang didapatkan kemudian berdasarkan analisis hidrograf kolam tampung kemudian digunakan dalam menentukan rasio luasan kolam tampungan sebagai berikut:

$$\text{Rasio luasan} = \frac{\text{Luas kolam tampung}}{\text{Luas kawasan}} \times 100\% \quad \text{.....(21)}$$

Dimana

$$\text{Rasio luasan} = \text{Rasio luas kolam tampung (\%)}$$



Luas kolam tampung = Hasil perhitungan luas kolam tampung ( $m^2$ )  
Luas kawasan = Luas kawasan perumahan ( $m^2$ )

digunakan Persamaan 21 sehingga didapatkan rasio luasan kolam tampung terhadap luas kawasan pada tiap-tiap perumahan yang disajikan pada Tabel 15 sebagai berikut:

**Tabel 15.** Rasio luasan kolam tampung

Perumahan	Luas Kawasan	Luas Kolam Tampung	Rasio	Total rasio
	$m^2$	$m^2$		%
<b>Jamrud Residence</b>	31.450	2.600	0,08267	8,267
<b>Neo Batakan permai</b>	424.633	42.000	0,09891	9,891
<b>GBR 6</b>	19.500	2.000	0,10256	10,256

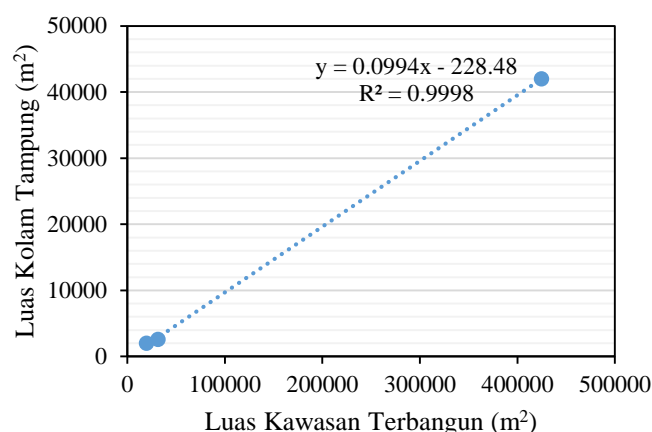
Berdasarkan Tabel 15, rasio luasan kolam tampung inilah yang dibutuhkan untuk menampung debit limpasan. Rasio luasan kolam tampung terhadap luas kawasan dipengaruhi oleh besarnya debit limpasan awal dan terbangun yang dihasilkan oleh perumahan. Pada perumahan jamrud *residence* rasionya lebih kecil dibandingkan Neo batakan permai sebab pengaruh selisih debit yang dihasilkan oleh perumahan Neo batakan permai lebih besar. Pada perumahan GBR 6, total rasio yang dihasilkan lebih tinggi dibanding perumahan yang lainnya yaitu 10,256% sebab 95% lahan didominasi bangunan dan jalan dan 5% ruang terbuka hijau yang disediakan, hal ini berdampak pada nilai koefisien pengaliran perumahan yang mempengaruhi tingginya debit kawasan terbangun ( $Q_{\text{terbangun}}$ ) yang berbanding lurus dengan selisih debit limpasan ( $\Delta Q$ ) dan rasio luasan kolam tampung yang dibutuhkan. Rasio luasan kolam tampung yang dibutuhkan dari tiap-tiap perumahan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan persentase minimal ketersediaan luasan bangunan pengendali yaitu sebesar 4% dari kawasan terbangun, persentase tersebut disyaratkan oleh peraturan daerah kota Balikpapan nomor 5 tahun 2013 tentang “Penyediaan Dan Penyerahan Prasarana, Sarana Dan Utilitas Pada Kawasan Perumahan”. Persyaratan persentase tersebut ternyata belum cukup untuk menampung debit limpasan perumahan apabila prinsip *Zero Delta Q Policy* diimplementasikan dengan luaran berupa rasio luasan kolam tampung.

Rasio luasan kolam tampung terhadap luasan kawasan terbangun yang dihasilkan pada tiga perumahan kemudian dianalisis keterkaitannya. Analisis dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara luas kolam tampung terhadap luas kawasan perumahan dengan metode regresi linier. Analisis ini menghasilkan bentuk persamaan sederhana yang dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* dengan data pada Tabel 16 sebagai berikut:

**Tabel 16.** Data luas kawasan dan luas kolam tampung

mahan	Luas Kawasan	Luas Kolam Tampung
	$m^2$	$m^2$
<i>Residence</i>	31.450	2.600
kan Permai	424.633	42.000
3R 6	19.500	2.000

berdasarkan data pada Tabel 16 di atas, data tersebut diinterpretasikan dengan diagram pencar dan didapatkan hasil regresi pada Gambar 7 sebagai berikut :



**Gambar 7.** Regresi linier luas kawasan terbangun terhadap luas kolam tampung

Berdasarkan Gambar 7, data yang diinterpretasikan dengan diagram pencar menghasilkan garis regresi dengan persamaan regresi linier yang didapatkan adalah:

$$Y = (0,0994 \times X_1) - 228,48 \quad \text{.....(22)}$$

dimana :

Y = Luas kolam tampung yang diprediksi (m<sup>2</sup>)

X<sub>1</sub> = Luas kawasan perumahan (m<sup>2</sup>)

Berdasarkan persamaan regresi linier 4.1, disertai pula nilai R<sup>2</sup> yang merupakan koefisien determinasi yaitu proporsi varian pada variabel yang menandakan tingkat keakuratan data variabel, akurasi semakin tinggi apabila bernilai mendekati 1. Hasil R<sup>2</sup> yang didapatkan pada Gambar 4.10 sebesar 0,9998 sehingga dapat dikatakan penggunaan persamaan linier 4.1 sebagai persamaan regresi linier sederhana akurat digunakan dalam memprediksi luas kolam tampung dengan variabel bebas berupa luas kawasan. Hasil persamaan regresi linier 4.1 memiliki nilai R<sup>2</sup> mendekati 1 sehingga dikatakan akurat, namun persamaan tersebut hanya dapat memprediksi suatu luas kolam tampung terhadap luas kawasan. Prediksi terhadap luas kolam tampung akan lebih akurat apabila dilakukan analisis dengan menambah jumlah variabel bebas yang merupakan parameter-parameter penting lainnya dalam penentuan luasan kolam tampung. Analisis regresi yang dapat dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu variabel bebas yaitu analisis regresi linier berganda. Analisis linier berganda dapat dilakukan dengan menambah jumlah variabel bebas berupa koefisien pengaliran, intensitas dan debit limpasan perumahan. Penambahan jumlah variabel bebas tersebut akan berpengaruh pada jumlah sampel minimal yang dibutuhkan yaitu sebesar jumlah variabel (P) ditambah 2 atau (P+2). Berdasarkan kebutuhan sampel yang harus dipenuhi dalam analisis regresi linier berganda, jumlah sampel yang dimiliki dalam analisis ini hanya berjumlah tiga (3) sehingga tidak cukup untuk digunakan dalam menghasilkan persamaan regresi linier berganda dan alternatifnya adalah dengan membuat persamaan regresi linier sederhana dengan menggunakan satu (1) variabel yaitu luas kawasan. Apabila ingin didapatkan persamaan regresi linier berganda, maka dalam analisis selanjutnya perlu dilakukan penambahan terkait jumlah perumahan agar variasi variabel bebas dapat memenuhi jumlah variabel minimum yang disyaratkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil analisis terhadap perumahan Jamrud Residence, Neo Batakan Permai, dan GBR 6 adalah sebagai berikut:

1. Debit limpasan yang dihasilkan saat kondisi kawasan belum terbangun ( $Q_{awal}$ ) pada perumahan Jamrud Residence sebesar  $0,3485 \text{ m}^3/\text{detik}$ , perumahan Neo Batakan Permai sebesar  $4,4017 \text{ m}^3/\text{detik}$ , dan perumahan GBR 6 sebesar  $0,4077 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
2. Debit limpasan yang dihasilkan saat kondisi kawasan telah terbangun ( $Q_{terbangun}$ ) pada perumahan Jamrud Residence sebesar  $1,0043 \text{ m}^3/\text{detik}$ , perumahan Neo Batakan Permai sebesar  $15,0329 \text{ m}^3/\text{detik}$ , dan perumahan GBR 6 sebesar  $0,9166 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
3. Analisis implementasi prinsip *Zero Delta Q policy* menghasilkan rasio luasan kolam detensi yang dibutuhkan pada perumahan Jamrud Residence sebesar 8,267%, perumahan Neo Batakan Permai sebesar 9,891%, dan perumahan GBR 6 sebesar 10,256% dari luas kawasan perumahan. Luasan kolam tampung sesuai dengan rasio pada masing masing perumahan memiliki pemodelan regresi linier yaitu  $Y = (0,0994 \times X_1) - 228,48$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar  $0,9998 \approx 1$  sehingga dapat dikatakan penggunaan persamaan regresi linier sederhana akurat untuk digunakan.

Saran yang diperoleh berdasarkan hasil analisis guna pengembangan penelitian di masa yang akan datang antara lain pengembangan penelitian terkait jumlah sampel yang diambil masih belum dapat dikatakan mampu mewakili kondisi wilayah drainase Selatan. Selain itu, sampel yang digunakan tidak hanya perumahan saja akan tetapi seluruh bangunan komersial di wilayah studi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2010). *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder*. Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.
- Astriawati. (2017). *Perencanaan Sistem Drainase Apartemen Grand Dharma Husada Lagoon Surabaya. Tugas Akhir Sarjana*. Departemen Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- BMKG (2020). *Curah Hujan Maksimum Harian Kota Balikpapan*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Balikpapan.
- BPS (2019). *Kota Balikpapan Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik. Balikpapan.
- Maulana, M.A., Suprayitno, H. & Soemitro, R.A.A. (2019). "River Infrastructure Preliminary Recognition". *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, 1(1), March 2019, 1–10.
- Ockert J. Gericke & Jeff C. Smithers. (2014), "Review of Methods Used to Estimate Catchment Response Time for The Purpose of Peak Discharge Estimation". *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 59, No. 11, pp:1935-1971, DOI: 10.1080/02626667.2013.866712
- Bima Sakti Rahayu (2017). *Site plan Perumahan Jamrud Residence*. PT. Bima Sakti Rahayu. Balikpapan.
- Kalimantan Pelita Nusantara (2020). *Site plan Perumahan GBR 6*. PT. Kalimantan Pelita Nusantara. Balikpapan.
- Keysya Maju Jaya (2019). *Site plan Perumahan Jamrud Residence*. PT. Keysya Maju Jaya. Balikpapan.
- PP 26/2008. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*.
- SNI 03-2453-2002. *SNI 03-2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*.
- SNI 2415-2016. *SNI 2415-2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir*.
- Suprayitno, H. & Soemitro, R.A.A. (2018). "Preliminary Reflexion on Basic Principle of Infrastructure Asset Management". *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*. Vol. 2, No. 1, Maret 2018, Hal.: 1 – 10.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.